

# LE MAGMATISME

## A : MINERALOGIE

### I : Définition

Un minéral est une espèce chimique naturelle qui se présente sous la forme d'un solide cristallin. Il a une composition chimique définie, non fixe, qui varie à l'intérieur de certaines limites, et des propriétés physiques qui permettent de le différencier d'autres espèces minérales.

### II : Structure minérale

#### 1- En lame mince ou à l'œil nu, des formes variables

- Minéraux / cristaux automorphes
- Minéraux / cristaux subautomorphe (Plagioclase)
- Minéraux / cristaux xénomorphe (Pyroxène)

#### 2- A l'œil nu, des termes dimensionnels

- Minéraux / cristaux > 5 mm : grains grossiers
- Minéraux / cristaux 1-5 mm : grains moyens
- Minéraux / cristaux < 1 mm : grains fins

#### 3- En lame mince ou à l'œil nu, des tailles relatives

- Minéraux / cristaux de même taille : Equidimensionnels
- Minéraux / cristaux de tailles différentes : Hétérodimensionnels
- Minéraux / cristaux de grandes tailles : Phénocristaux
- Minéraux / cristaux de tailles moyennes : Microphénocristaux
- Minéraux / cristaux de petites tailles : Microcristaux

### III : La composition chimique

#### 1- Les minéraux du magmatisme et du métamorphisme : classe des silicates

##### **Le réseau cristallin d'une espèce minérale**

=

Tétraèdres de [ SiO<sub>4</sub> ]

+

Octaèdres de [ AlO<sub>6</sub> ]

+

K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Al<sup>3+</sup>, (Cr<sup>3+</sup>, Ti<sup>4+</sup>, F<sup>-</sup>, OH<sup>-</sup>, ...)

=

**Edifice électroniquement neutre**

## **2- Les minéraux blancs / les minéraux colorés**

On distingue sur des critères de coloration et des critères chimiques :

- Les minéraux blancs : quartz, feldspathoïdes, feldspaths alcalins et plagioclases, (...)
- Les minéraux colorés (ou ferromagnésiens) : Micas noirs, amphiboles, pyroxènes, périclites (ou olivines), (...)

## **3- Les 6 sous-classes de silicates**

Fonction de la disposition des tétraèdres et des octaèdres :

N : Nésosilicates (Ile)  
S : Sorosilicates (Tas)  
C : Cyclosilicates (Anneau)  
I : Inosilicates (fibre)  
P : Phyllosilicates (feuille)  
T : Tectosilicates (Toit)

## **4- Le polymorphisme minéral**

2 espèces minérales de même composition chimique mais de systèmes cristallins différents = **polymorphes**.

## **5- L'«avidité minérale» en silicium**

Certains minéraux ont besoins d'une grande quantité de silicium pour se former.

## **6- La solution solide isomorphe**

Les minéraux de composition chimique et de système cristallin très voisin peuvent « échanger » des ions par le jeu de substitutions ioniques au sein d'une solution solide (série continue)

## **IV : La stabilité minérale**

Un minéral n'est stable que dans le domaine de température et de pression (domaine de stabilité) où il s'est formé lors du phénomène de cristallisation ;

En dehors de ce domaine de stabilité, un minéral subit des modifications physiques (structuraux) et chimiques (composition)

- Altération chimique
- Désagrégation mécanique
- Métamorphisme
- Fusion

## *B : MAGMAS ET ROCHES MAGMATIQUES*

---

### **I : Les processus magmatiques**

#### **1- Définition**

**MAGMATISME** : Ensemble des phénomènes liés à la formation, aux déplacements et à la cristallisation des magmas.

**MAGMA** : (voir dictionnaire de géologie) Un magma est du matériel silicaté à haute température (500 – 1300°C), complètement ou partiellement fondu, qui est généralement constitué de trois phases :

- Phase fluide liquide (phase dominante)
- Phase fluide gazeuse (phase secondaire)
- Phase solide cristalline

Il a une origine interne à la Terre et produit, par refroidissement et cristallisation, une roche magmatique.

#### **2- Modalité de genèse des magmas**

⇒ Fusion partielle de roches préexistantes du manteau ou des croûtes.

La fusion partielle d'une roche signifie qu'une portion du volume rocheux initial est passé sous forme liquide et gazeuse. Il y a changement de phase.

$$\boxed{\text{Solide} \Rightarrow \text{Solide résiduel} + \text{liquide} + [\text{gaz et solide}]}$$

Exemple dans le manteau :

Lherzolite (péridotite) ⇒ Harzburgite (péridotite) + magma basaltique

Quand un solide est en fusion partielle de n %, cela signifie que n % de son volume solide initial est passé en phase liquide.

Dans l'Asthénosphère :

⇒ La lherzolite est à 1 % de fusion partielle ( T = 21340 °C)

Sous les dorsales océaniques :

- ⇒ La lherzolite de l'asthénosphère est à 15 – 30 % de fusion partielle ( $P < 20$  Kbar)

Sous les points chauds ou sous les zones de rifting :

- ⇒ La péridotite du manteau profond est à 5 % ou entre 20 – 30

Dans la racine crustale d'une chaîne de collision :

- ⇒ Les roches peuvent être à 100 % de fusion

CONTEXTE	QUANTITE DE MAGMA ( $\text{Km}^3/\text{an}$ )	
	Intrusif	Effusif
Accrétion	18	3
Subduction	8	0.6
Intraplaque océanique	2	0.4
Intraplaque continentale	1.5	0.1

#### Origine thermodynamique de la fusion partielle d'une roche ?

1. Augmentation de température
2. Baisse de pression
3. Présence de  $\text{H}_2\text{O}$  ou de  $\text{CO}_2$

#### Pourquoi la fusion d'une roche donnée n'est-elle généralement que partielle ?

Les minéraux ont des domaines différents de stabilité.

Exemple : L'olivine « supporte » des températures plus élevées qu'un feldspath alcalin.

#### Pourquoi ?

Ces éléments à fort rayon ionique sont incompatibles ou magmatophiles

- ⇒ Préférentiellement libérés dans les liquides lors de l'entrée en fusion partielle d'une roche silicatée.

*Les éléments à faible rayon ionique sont compatibles*

- ⇒ « Piégés » dans les phases minérales à structure élaborée et compacte lors de la cristallisation des minéraux.
- ⇒ Mobilisés dans les liquides uniquement lors d'une fusion partielle forte d'une roche.

Les péridotites de l'asthénosphère donnent au magma une grande quantité d'éléments incompatibles.

#### MANTEAU APPAUVRI

Les péridotites du manteau profond sont en fusion partielle limitée. Ce manteau est très riche en éléments incompatibles.

#### MANTEAU ENRICHI

#### Les deux grands types de magmas :

➤ Le magma « basaltique » / basique

Roche d'origine : péridotite du manteau

Température : 1200 – 1300 °C

Basique : car pauvre en silice

Composition chimique : voisine de celle des basaltes / gabbros

Profondeur de formation : Variable 25 – 2900 m

Viscosité : faible

Roches communément formées : Roches gabbroïques

➤ Le magma « granitique » / acide

Roche d'origine : Roches de collision / magma primaire basique

Température : 600 – 700 °C

Acide : car riche en silice

Composition chimique : voisine de celle du granite

Profondeur de formation : 20 à 30 Km dans la croûte continentale

Viscosité : forte

Roches communément formées : granitoïdes

**3- Lieux de genèse des magmas**

Asthénosphère sous les dorsales : 25 – 30 Km

Magma basaltique tholéïtique

Asthénosphère sous une plaque : profondeur variable

Magma basaltique tholéïtique (et alcalin)

Base de la lithosphère chevauchante au niveau des fosses

Magma basaltique hyper-alumineux (évolutif)

Couche D'' (limite manteau / noyau) : 2900 Km

Magma basaltique alcalin

Croûte continentale : 20 – 30 Km

Magma granitique d'anatexie

**4- Le déplacement des magmas**

Depuis la zone de formation vers la surface terrestre au travers des roches du manteau et des croûtes.

La vitesse d'un magma dépend :

- Des différentes phases constitutives du magma
- De la viscosité du magma
- De la nature des roches encaissantes traversées par le magma

**La nature des phases**

Les phases gazeuses :

- Hypomagma : gaz dissout dans le bain silicaté : vitesse lente
- Pyromagma : mousseux avec des bulles de gaz : vitesse intermédiaire
- Epimagma : gaz libérés dans l'atmosphère (laves) : vitesse rapide

### Les phases solides :

Enclaves rocheuses, minéraux en formation.

⇒ Accroissement du frottement : vitesse moindre

### Les phases liquides :

Matrice silicatée en fusion.

⇒ Rôle de lubrifiant ; vitesse accrue

### La viscosité du magma

Fonction du chimisme, de la température et de la teneur en eau du magma.

La viscosité d'un magma acide est élevée.

La viscosité d'un magma basique est basse.

### La nature des roches encaissantes

- Fractures et failles favorisent l'ascension des magmas.
- Genèse d'un magma synthétique par assimilation.

### Le stockage des magmas

En profondeur dans des chambres magmatiques.

**Chambre magmatique**

=

lieu de la cristallisation commençante

+

lieu de transition magmatique

### Cristallisation des magmas

Théorie :

Cristallisation d'un magma = fonction

Lieu de cristallisation d'un magma = chambres magmatiques ou lors de la remontée du magma depuis les chambres jusqu'en surface.

Modalités de la cristallisation d'un magma = succession de cristallisation de diverses espèces minérales.

### Les séries réactionnelles de cristallisation de Bowen

Bowen a déterminé l'ordre d'apparition des différents minéraux en fonction de la teneur en silice du magma et de la température du magma.

Impact majeur de la température sur la cristallisation d'un magma.

Impact majeur de la composition chimique du magma sur la nature des minéraux formés.

### La suite réactionnelle des minéraux ferro-magnésiens est discontinue

Quand la température décroît dans un magma et que la teneur en silice est adéquate :

1300°C : liquide => **olivine** + liquide

1100°C : Olivine + liquide => **olivine** + **pyroxène** + liquide

### La suite réactionnelle des plagioclases est continue

Quand la température décroît dans un magma et que la teneur en silice est adéquate :

1100°C : Liquide => **Anorthite** + liquide

100°C : **Anorthite** + liquide => **Bytownite** + liquide

### La différenciation magmatique

Au sein d'une chambre magmatique, la composition chimique d'un magma primaire est variable dans les temps et dans l'espace.

Pourquoi ?

- Certains éléments chimiques migrent plus facilement en haut de la chambre magmatique : éléments volatiles et éléments hydromagmatophiles.
- L'isolement des minéraux formés en dehors du liquide magmatique en haut des chambres, en bas des chambres ou au niveau des parois, modifie le chimisme du magma primaire.

1 magma ⇔ plusieurs magmas résiduels cogénétique avec des compositions chimiques très différentes.

La cristallisation des minéraux sombres « acidifie » le liquide magmatique résiduel.

Au final, une série magmatique (ou volcanique) :

1 magma primaire ⇔ des magmas cogénétiques

## II : Les structures des roches magmatiques

### 1- Généralités, définition et règles

La structure d'une roche magmatique correspond à l'arrangement des minéraux observés à l'échelle macroscopique ou microscopique.

La structure d'une roche magmatique reflète les conditions de cristallisation du magma associé :

- Ordre d'apparition des minéraux (temps de cristallisation)
- Vitesse de refroidissement du magma
- Gisement

### 4 règles de cristallisation

- Plus un minéral dispose de temps pour se former plus il sera de grande taille et présentera une forme géométrique bien définie.  
=> Phénocristaux / automorphe
- Moins un minéral dispose de temps pour se former plus il sera de petite taille et présentera une forme géométrique aléatoire.  
=> Microcristaux-microlites / Subautomorphe à xénomorphe

- Le minéral dernièrement formé occupe les volumes laissés par les autres phases minérales. Il ne peut pas acquérir une forme géométrique bien définie.  
=> Xénomorphe
- Le verre (métastase) est une substance minérale non cristallisée d'un magma ayant refroidi brutalement (effet de trempe).

### Les temps de cristallisation

- Phénocristaux équidimensionnels = 1 seul temps de cristallisation, très long.
- Phénocristaux + microcristaux = 2 temps de cristallisation : un long et un court.
- Phénocristaux + microcristaux + verre = 3 temps de cristallisation : 1 long, 1 court et un effet de trempe.

#### 2- Structure grenue

100 % minéraux visible à l'œil nu.

Roches entièrement cristallisées : holocristalline.

Refroidissement lent en profondeur.

Roches plutoniques.

#### 3- Structure microgrenue

Majorité des minéraux invisibles à l'œil nu.

Roches entièrement cristallisées : holocristalline.

Refroidissement relativement rapide dans les complexes filoniens.

Roches filoniennes.

#### 4- Structure microlitique

Majorité des minéraux invisibles à l'œil nu.

Roches pas entièrement cristallisées : cryptocristalline.

Refroidissement rapide en surface.

Roches volcaniques (effusives).

Présence de verre (mésostase / pâte amorphe)

#### 5- Structure trachytique

Majorité des minéraux invisibles à l'œil nu.

Roches pas entièrement cristallisées : cryptocristalline.

Refroidissement rapide en surface.

Roches volcaniques (effusives).

Présence de verre (mésostase / pâte amorphe)

#### 6- Structure vitreuse

Majorité de verre (mésostase)

Roches non cristallisées : hyaline.

Refroidissement très très rapide en surface.

Roches volcaniques (effusives).

### III : Les modes de gisement

#### 3 types de gisements



- Les roches magmatiques plutoniques.  
Roches de profondeur ou intrusives à structure grenue.
- Les roches magmatiques filoniennes.  
Roches de semi-profondeur ou périplutoniques à structure microgrenue.
- Les roches magmatiques volcaniques.  
Roches de surface ou effusives à structure microlitique / trachytique / vitreuse.

## 1- Les plutons

- **Les massifs discordants :**  
Entre 600 et 6000 m de profondeur  
Dizaine de milliers de Km  
Ancienne chambre magmatique.

**Contact :** zone transitoire marqué par une « digestion » des roches encaissantes et/ou des transformations métamorphiques de ces roches par effet thermique (métamorphisme de contact)

- **Les massifs concordants**  
Plusieurs milliers de km de profondeur  
Dizaine de milliers de Km

**Contact :** sans bord franc. La zone de transition entre les massifs et les roches encaissantes est très large et diffuse.

## 2- Les complexes filoniens

Ce sont des roches riches en minéraux (semi-) précieux.

Elles sont associées à différents types de gisements :

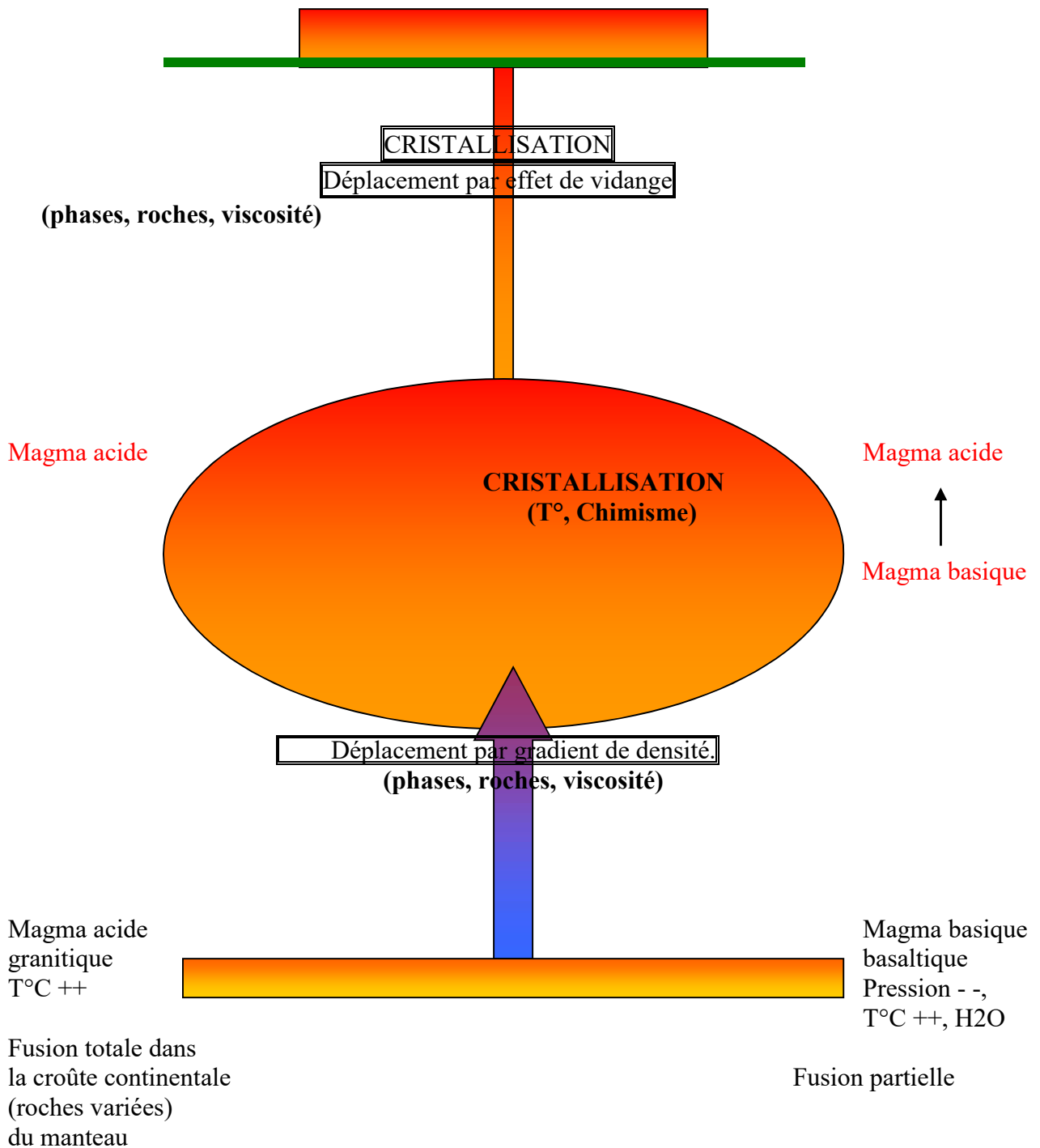
- Les laccolites (coupoles à base horizontale)
- Les lopolites (coupoles inversées)
- Les phacolites (accumulation de charnière)
- Les necks (cheminées volcaniques mises à nu)
- Les dykes (filons verticaux)
- Les sills (filons horizontaux)

## 3- Les édifices volcaniques

(Recherche perso)

## RESUME

## CRISTALLISATION



## IV : Les classifications des roches magmatiques

### 1- Généralités

Il s'agit de regrouper les centaines de roches magmatiques identifiées dans le monde en différentes classes pétrographiques (classification)

## **2- Les différentes méthodes de classification**

Basées sur l'assemblage minéralogique observé en macroscopie ou en microscopie :

- Une estimation des compositions minéralogiques
- Le mode déterminé ou microscope

Basées sur les analyses géochimiques :

- Une détermination d'une composition minéralogique virtuelle (norme CIPW)
- La création de diagrammes rectangulaires et triangulaires de classification.

## **3- Détermination du mode d'une roche (pétrographe)**

Le mode correspondant à la composition minéralogique réelle d'une roche magmatique, déterminée par analyse microscopique.

- Les minéraux sont exprimés en pourcentage de la surface observée sur la lame.
- Limitations liées à l'expérimentateur et à la capacité optique du microscope.
- Composition minéralogique réelle utilisable dans le diagramme de Mason.

## **4- détermination de la norme d'une roche (géochimiste)**

La norme exprime la composition minéralogique théorique (virtuelle) d'une roche magmatique calculée à partir de poids d'oxydes.

La teneur en pourcentage de chacun de ces oxydes étant obtenue, on répartit ceux-ci suivant une procédure de calcul appelée norme CIPW, comme si les minéraux avaient pu cristalliser complètement. Les minéraux ainsi définis par calculs sont qualifiés de minéraux normatifs.

⇒ **Composition minéralogique virtuelle (pondérale ou volumique)**

L'analyse des poids d'oxyde permet également de classer les échantillons analysés dans de nombreux diagrammes afin d'affiner une définition des roches étudiées.

**Limite** : La norme CIPW ne tient pas compte de la mésostase.

## **5- Classifications des roches magmatiques très utilisées**

### **Basée sur l'acidité (géochimiste)**

L'acidité d'une roche s'exprime par le pourcentage pondéral en silice.

Il existe 4 classes de roches. Les roches dites :

- Acides ( $\text{SiO}_2 > 65 \%$ ) (rhyolite ou granite)
- Intermédiaires ( $52 \% < \text{SiO}_2 < 65 \%$ ) (andésite ou diorite)
- Basiques ( $45 \% < \text{SiO}_2 < 52 \%$ ) (basalte ou gabbro)
- Ultra-basiques ( $\text{SiO}_2 < 45 \%$ ) (péridotite)

### **Basée sur le degré de saturation (pétrographe)**

La saturation d'une roche s'exprime par sa richesse en quartz.

Il existe 4 classes (ou divisions) de roches :

- Sursaturées (quartz)

- Saturées (sans quartz ni feldspathoïdes)
- Sous-saturées (à feldspathoïdes)
- A saturation zéro (à olivines et pyroxènes)

### Basée sur l'alcalinité (pétrographe / géochimiste)

Il existe 3 classes :

- Roches alcalines à feldspaths alcalins
- Roches calco-alcalines à feldspaths alcalins et plagioclases
- Roches calco-sodiques à plagioclases

### Basée sur la coloration (pétrographe)

La coloration des roches est l'expression du pourcentage des minéraux ferromagnésiens (colorés) par rapport à l'ensemble des minéraux.

#### **Indice de coloration « M ».**

Il existe 5 classes (ou groupes) :

- Roches hololeucrates (0 – 12% de ferromagnésiens)
- Roches leucocrates (12.5 – 37.5% de ferromagnésiens)
- Roches mésocrates (37.5 – 67.5% de ferromagnésiens)
- Roches mélanocrates (67.5 – 87% de ferromagnésiens)
- Roches holomélanocrates (87.5 – 100% de ferromagnésiens)

### Classification de Streckeisen

Basée sur les modes des roches magmatiques :

- 1- Quartz
- 2- Feldspaths alcalins
- 3- Feldspaths plagioclases
- 4- Feldspathoïdes
- 5- Olivines
- 6- Clinopyroxènes
- 7- Orthopyroxènes

La classification = deux diagrammes :

Un diagramme triangulaire dédié à la classification des roches mafiques => fonction de l'olivine et du pyroxène.

Un diagramme losangique dédié à la classification des autres roches => Quartz, feldspaths alcalins, feldspaths plagioclases, feldspathoïdes.

### Diagramme rectangulaire (à deux variables) pour les roches volcaniques

⇒ Alcalinité versus acidité

IL EST POSSIBLE DE DETERMINER A QUELLE SERIE MAGMATIQUE LES ROCHES ANALYSEES APPARTIENNENT.

### Diagramme triangulaire (à trois variables) pour les roches subalcalines

⇒ Le diagramme triangulaire est connu sous le nom de diagramme AFM.

IL PERMET DE DEFINIR AVEC FINESSE LA NATURE DES ROCHES SUBALCALINES ET LEUR POSITION DANS LES SERIES MAGMATIQUES.

Fonction de la teneur pondérale en alcalins, en fer total et en magnésium.

Ce diagramme permet de classer les roches subalcalines en roches tholéitiques et en roches calco-alcalines.

## **V : Les principales roches magmatiques**

### **1- Groupe du granite**

➤ **Roche grenue :**

Le granite est une roche à structure holocristalline à quartz et feldspaths alcalins (orthose) + micas, amphiboles, plagioclases sodiques.

➤ **Roche microgrenue :** microgranite

➤ **Roche microlitique / fluidale :** rhyolite

➤ **Roche vitreuse :** ponce ou obsidienne

### **2- Groupe de la granodiorite**

➤ **Roche grenue :**

Les granodiorites ont une composition chimique très proche des granites mais moins acides. Les plagioclases remplacent l'orthose, le pyroxène et l'amphibole peuvent remplacer la biotite.

➤ **Roche microgrenue :** microdiorite

➤ **Roche microlitique / fluidale :** dacite

### **3- Groupe de la syénite**

➤ **Roche grenue :**

La syénite est une roche grenue à feldspaths alcalins et à amphiboles.

➤ **Roche microgrenue :** microsyénite

➤ **Roche microlitique :** trachyte

### **4- Groupe de la diorite**

➤ **Roche grenue :**

La diorite est une roche grenue à plagioclase (plutôt sodique), amphiboles et pyroxène (sans quartz).

➤ **Roche microlitique :** andésite

### **5- Groupe du gabbro**

➤ **Roche grenue :**

Le gabbro est une roche grenue à plagioclases calciques associés à du pyroxène.

➤ **Roche microlitique :**

Le labradorite est l'équivalent microlitique du gabbro sans olivine.

Les basaltes tholéitiques, alcalins et hyperalumineux sont riches en olivine / pyroxènes / plagioclases.

Les minéraux ferromagnétiques sont très abondants.

➤ **Roche vitreuse :** la Tachylite

### **6- Groupe des roches à feldspaths et feldspathoïdes**

➤ **Roche grenue :** syénite néphélinique

- **Roche microlitique** : phonolite

Ce sont des roches pauvres en silice.

### 7- Groupe des roches à feldspathoïdes

- **Roche grenue** : ijolite
- **Roche microlitique** : néphéline et leucite

Ce sont des roches très pauvres en silice.

### 8- Groupe des péridotites

- **Roche grenue** : péridotite
- **Roche microlitique** : limburgite

<b>Le magmatisme</b>
----------------------

Un magma est un bain naturel de roches en fusion : fragments de roches en suspension, cristaux, morceaux plus ou moins solides.

#### \* Caractéristiques

Il est de composition silicatée, a une température élevée (entre 1 200 et 1 500°C) et contient des gaz (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>). Ces 3 caractéristiques sont des facteurs de viscosité.

La viscosité augmente quand :

- la teneur en silice augmente
- la teneur en éléments volatiles diminue
- la température diminue
- [Al] et [K] augmentent
- [Na], [Ca], [Mg] et [Fe] diminuent

Ces magmas fluides en provenance de l'intérieur de la Terre refroidissent au cours de leur remontée : c'est la cristallisation et ça donne des roches magmatiques.

#### \* Refroidissement lent

S'il est lent, il sera donc complet. Cela formera les granitoïdes (à 90%) qui sont des roches grenues.

On aura une roche très silicateuse venant d'un magma hyper siliceux donc acide.



C'EST LE PLUTONISME

### \* Refroidissement rapide

Il aura toujours lieu en surface en raison d'un passage de 1 200 à 25°C. Il n'y aura donc pas de cristallisation, les cristaux seront vraiment très petits : les microlithes. Cela formera du basalte (à 90%).

Ce magma contiendra peu de silice, il sera hypo siliceux donc basique.

C'EST LE VOLCANISME

## I. LE VOLCANISME

C'est un phénomène géologique mettant en place un magma hypo siliceux qui refroidira en surface très rapidement, donnant alors des microlithes.

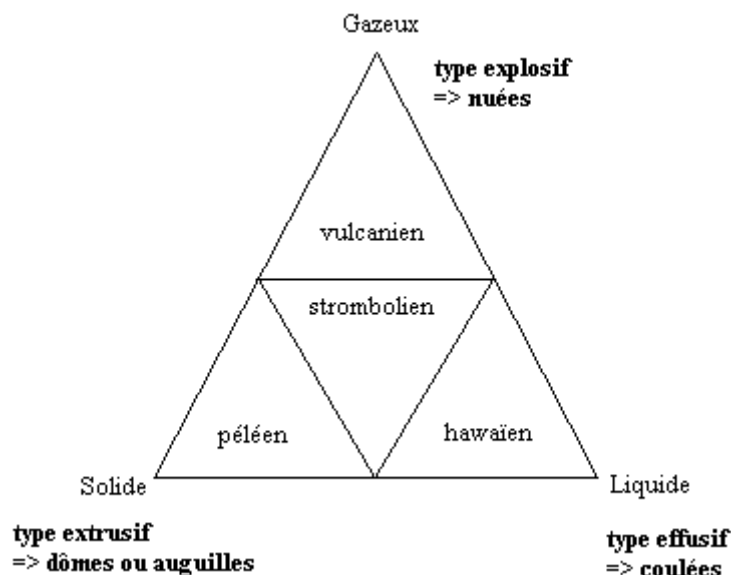
Il arrive parfois qu'il refroidisse lentement pour donner des roches basiques grenues.

### 1. Les édifices volcaniques

#### a. Les volcans

Ils sont caractérisés par une cheminée, un cône (aigu ou aplati). On différencie les volcans de par le matériel qu'ils émettent : émission solide, liquide ou gazeuse.

Un volcan n'est pas figé dans un type.



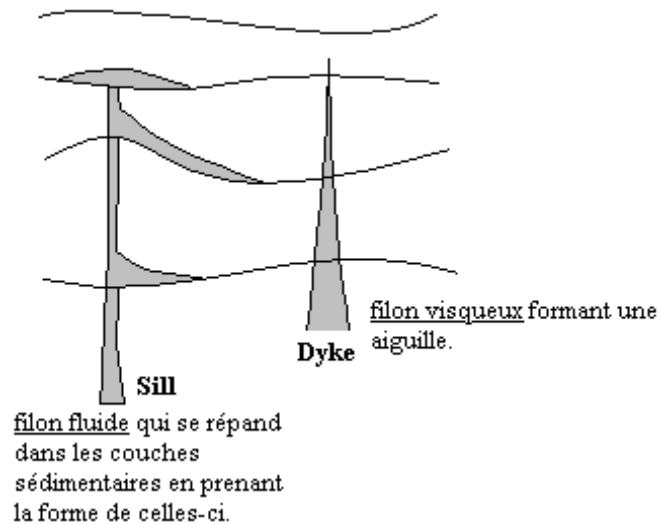
#### b. Boucliers volcaniques (ou trapp, entablement, plateau)

C'est une activité volcanique qui va émettre de grandes quantités de magma, cristallisant en formant de grands épanchement de superficie parfois égale à celle de la France, avec plusieurs milliers de kilomètres d'épaisseur.

Cette activité n'existe pas actuellement à la surface de la Terre mais a existé dernièrement à la limite Crétacé / Tertiaire. Il existe donc d'anciens édifices de ce type à Seattle, en Inde ou en Afrique du Sud.

### c. Les intrusions volcaniques

C'est une arrivée de magma plus ou moins importante mais de toute manière sans grandes conséquences.

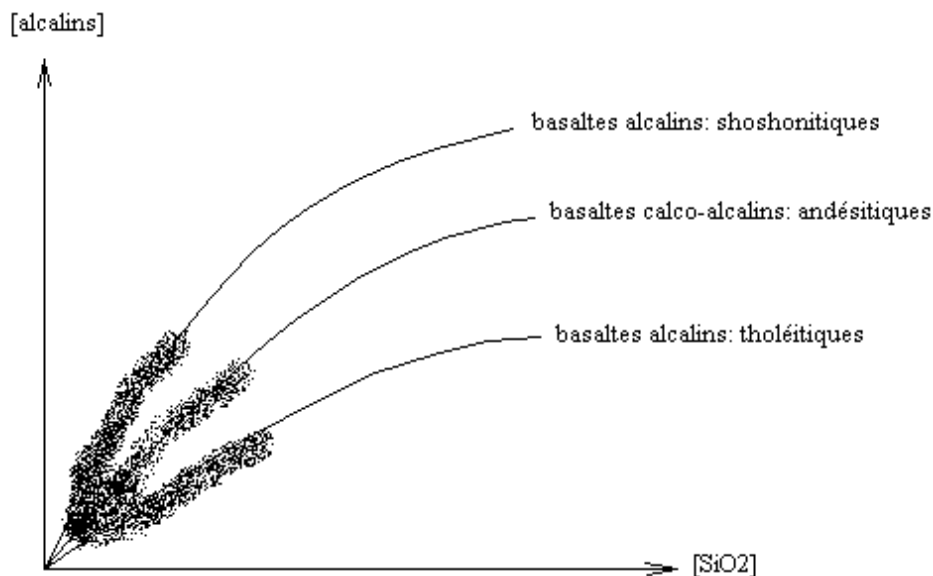


### 2. Les roches volcaniques

Elles proviennent d'un refroidissement rapide de magma basique, donnant des roches basaltiques microlithiques.

Les basaltes à la surface du globe sont assez homogènes d'aspect extérieur, mais dans la composition chimique, il y a de grandes différences.

Dans les basaltes, on peut doser la silice avec des alcalins.



Il existe donc 3 lignées (ou origines) magmatiques.

### 3. Basaltes sur le terrain



On constate deux types d'associations de roches impliquant des basaltes :

- basaltes associés à d'autres basaltes et roches magmatiques diverses : microlithe
- basaltes associés à des roches grenues, cela paraît rare par définition, or il s'avère que c'est un cas fréquent en domaine océanique

#### a. Basaltes associés à d'autres basaltes

##### \* Basaltes andésitiques..

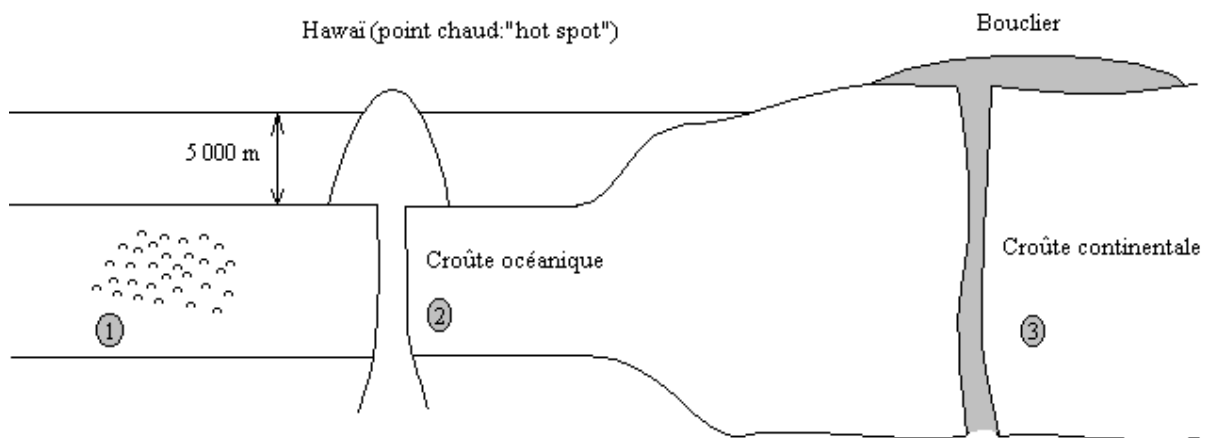
Sur le pourtour Pacifique : cercle péripacifique du volcanisme. C'est un volcanisme aérien ou sous-marin, il est linéaire donc typique des cordillères ou des arcs insulaires  $\Rightarrow$  subduction.

##### \* Basaltes shoshonitiques..

Volcanisme continental, ponctuel (Massif Central)  $\Rightarrow$  strato-volcans.

##### \* Basaltes tholéitiques..

- ① volcanisme sous-marin : basalte bulleux en pillow-lava.
- ② volcanisme ponctuel continental et – plus souvent – océanique (type hawaïen qui sont des volcans de plusieurs milliers de kilomètres d'altitude).
- ③ volcanisme de cassure continentale.



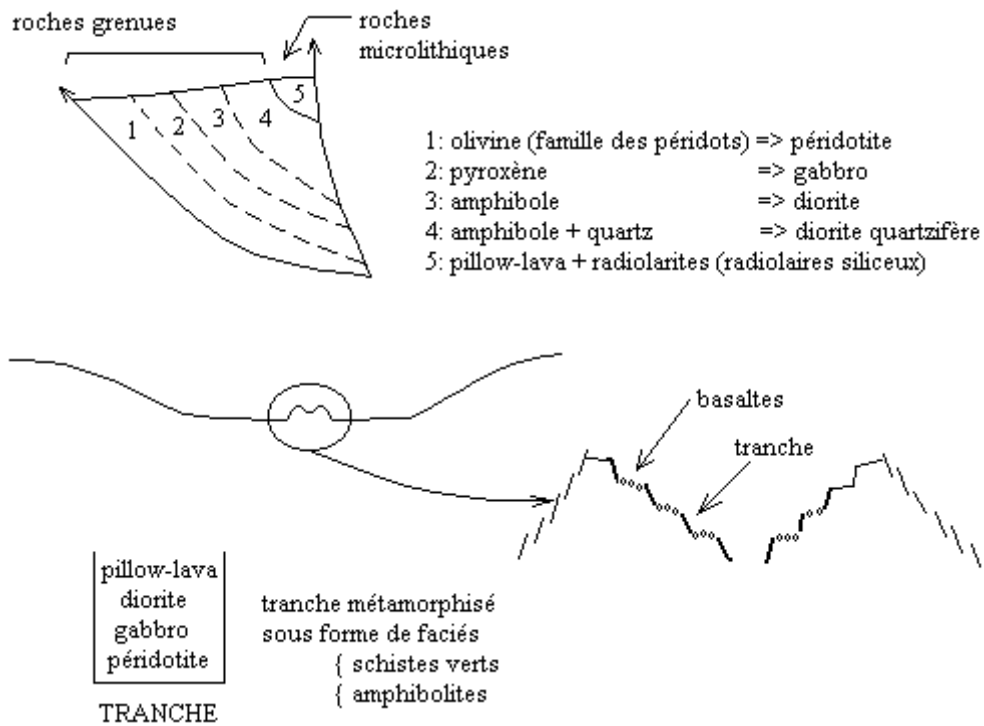
#### b. L'association basaltes et roches grenues

Cette association se trouve dans les ophiolites (roches vertes) ; ces ophiolites se trouvent dans les chaînes de montagnes (Alpes), c'est-à-dire dans des roches anciennes.



On suppose que ce “ paquet ” a été déplacé mécaniquement. Ils ne sont pas liés aux chaînes de montagnes non volcaniques.

Ce bloc est composé d'écaillés ophiolitiques, le tout étant transporté avec un certain empilement. Voyons le détail d'une écaille :



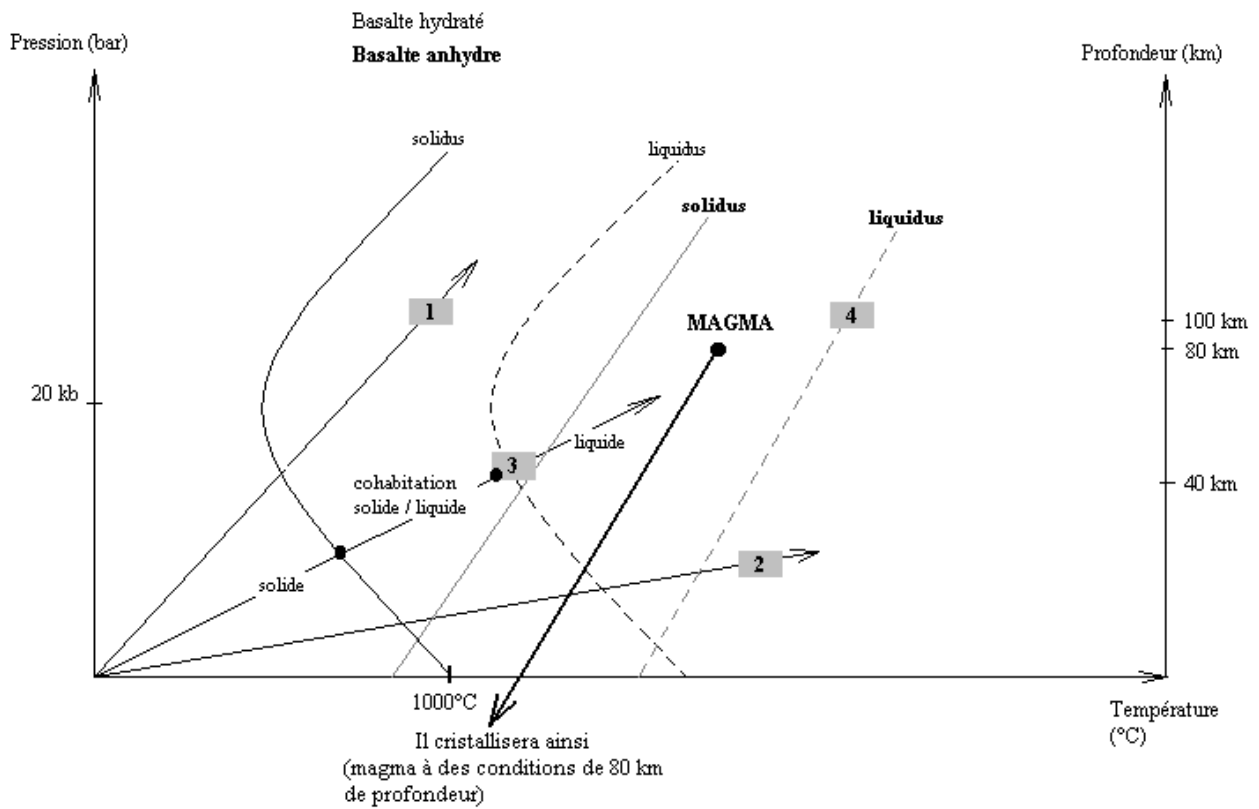
#### **4. Interprétation par les travaux de laboratoire**

Comment a-t-on un magma qui en refroidissant donnera plusieurs basaltes différents ?

? → magma basique → basaltes à l'affleurement

##### **a. Origine des magmas par fusion partielle des basaltes**

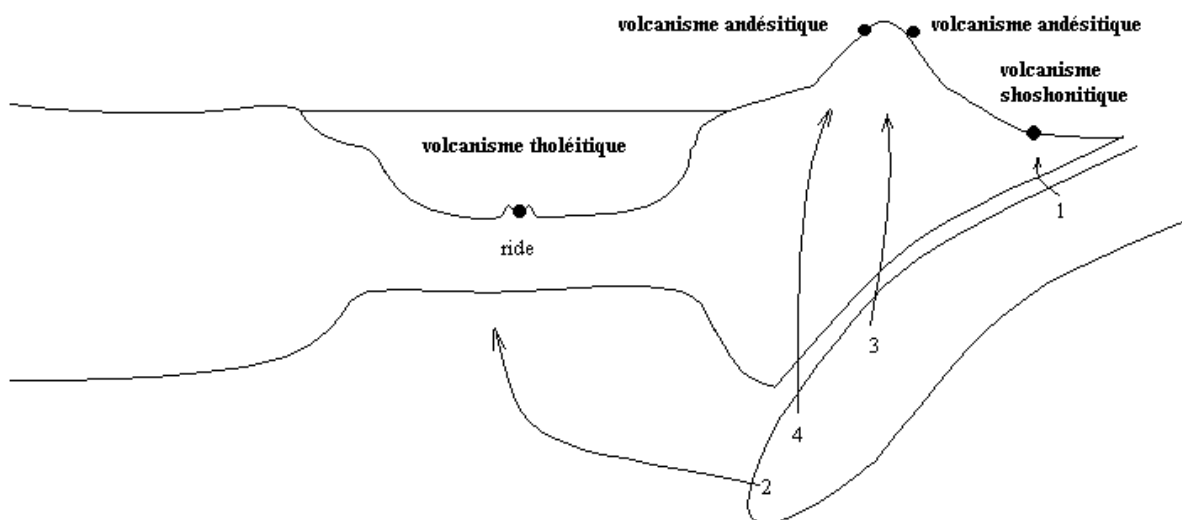
On prend des basaltes tholéitiques (océaniques) que l'on fait fondre à différents gradients de température et de pression.



- ① si l'on travaille à fort gradient de pression : on obtient un magma alcalin.
- ② si l'on travaille à forte température : on obtient plutôt un magma sous-alcalin.
- ③ si l'on prend des conditions de température et de pression équivalentes à 40 km de profondeur : on aura un magma calco-alcalin.
- ④ à des conditions de 80 / 100 km de profondeur, avec un basalte hydraté, on obtient un magma calco-alcalin.

#### Interprétation :

On a pu constater que ces conditions pouvaient être réunies toutes à la fois dans les zones de subductions : comme dans le cercle du feu du pacifique or là-bas c'est du basalte andésitique.



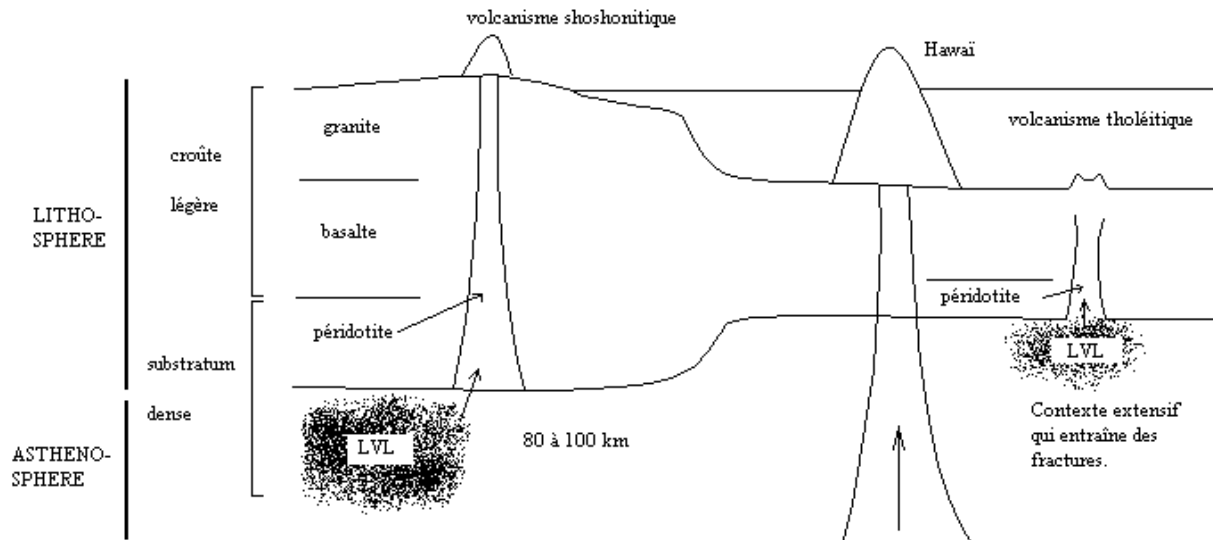
#### b. Origine d'un magma basique par fusion partielle de "pyrolite"

Les roches basiques dominantes sur le continent sont du basalte et de la péridotite, auraient-elles une origine commune ?

Green et Ringwood imaginent une “ pierre de feu ” : la pyrolite composé à 1/3 de basalte et 2/3 de péridotite. En faisant fondre la pyrolite, on constate qu’à pression et température correspondant à 25 km de profondeur, elle engendre un magma sub-alkalin (tholéitique) → basalte tholéitique + péridotite.

A fortes pression et température, on a un magma alcalin → basalte shoshonitique + péridotite.

Depuis, on a découvert des roches répondant aux critères de la pyrolite et qui est la péridotite à grenas ou à plagioclases.



### c. Origine des magmas donnant le volcanisme tholéitique ponctuel

L'origine est très profonde : 400 à 500 km (voir ci-dessus).

## 5. Cristallisation du magma

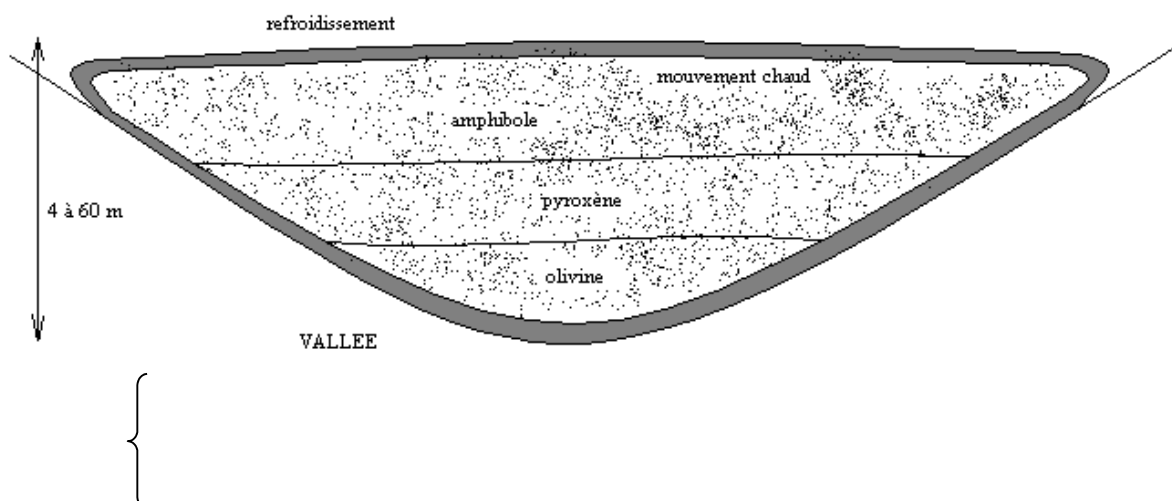
Elle se fait par refroidissement brutal à la surface du globe, ce qui donne des basaltes à texture microlithique.

### a. Cristallisation en surface

Elle donne des basaltes à structure microlithique. C'est une cristallisation marine qui donne des basaltes à structure en pillow-lava.

### b. Cristallisation en profondeur (par Bowen)

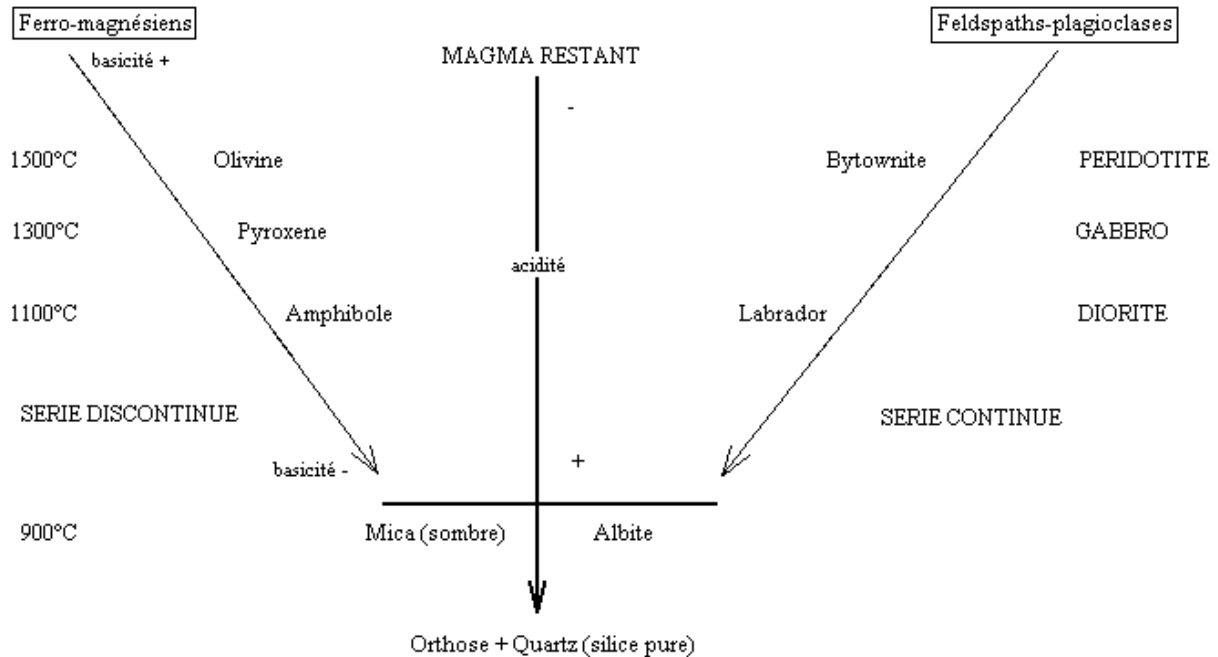
Il est allé regarder la cristallisation d'une coulée de lave :



- Le milieu peut être visqueux longtemps mais les olivines cristalliseront toujours en premier et iront se déposer dans le fond. L'olivine qui n'a pas cristallisé refondra.

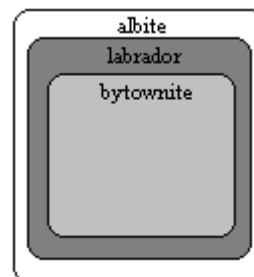
- Puis le pyroxène cristallise, forme une couche... certains ne cristallisent pas.

- Vient le tour de l'amphibole.

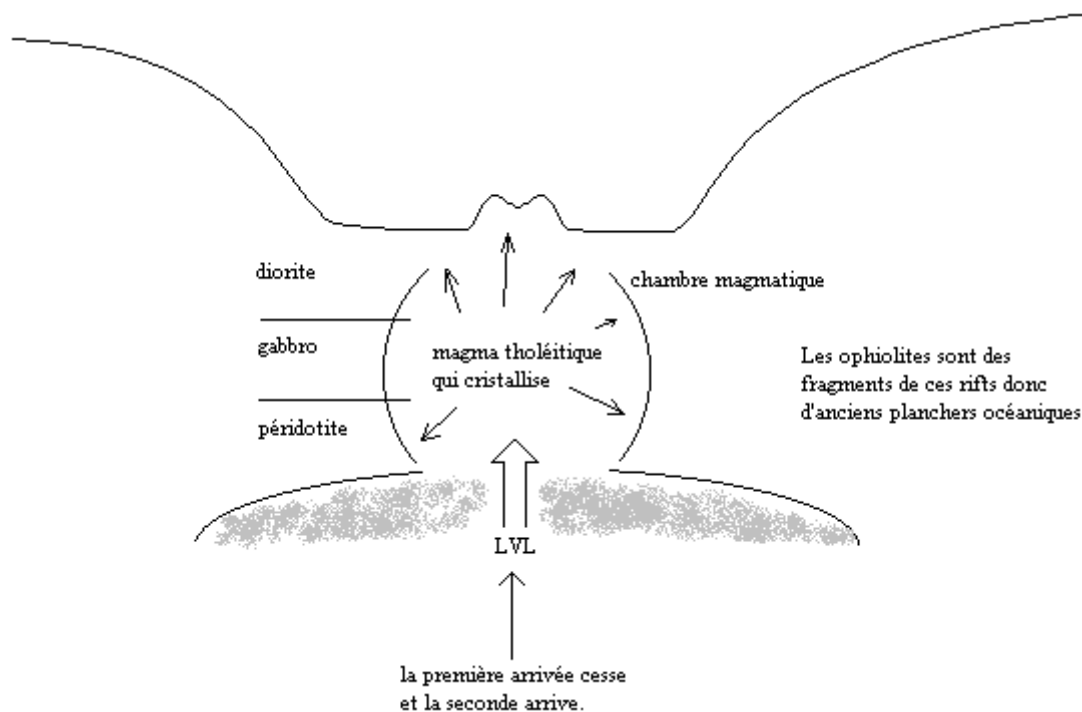


La série des ferromagnésiens nous montre les compatibilités et incompatibilités des minéraux dans un magma : ainsi on ne trouvera jamais d'olivine avec de l'amphibole car c'est une série discontinue et donc, de manière générale, on ne trouvera qu'un seul ferromagnésien à la fois dans une roche.

Dans la série des plagioclases, on a affaire à des cristaux zonés.



On trouve principalement ce schéma dans les rides océaniques :



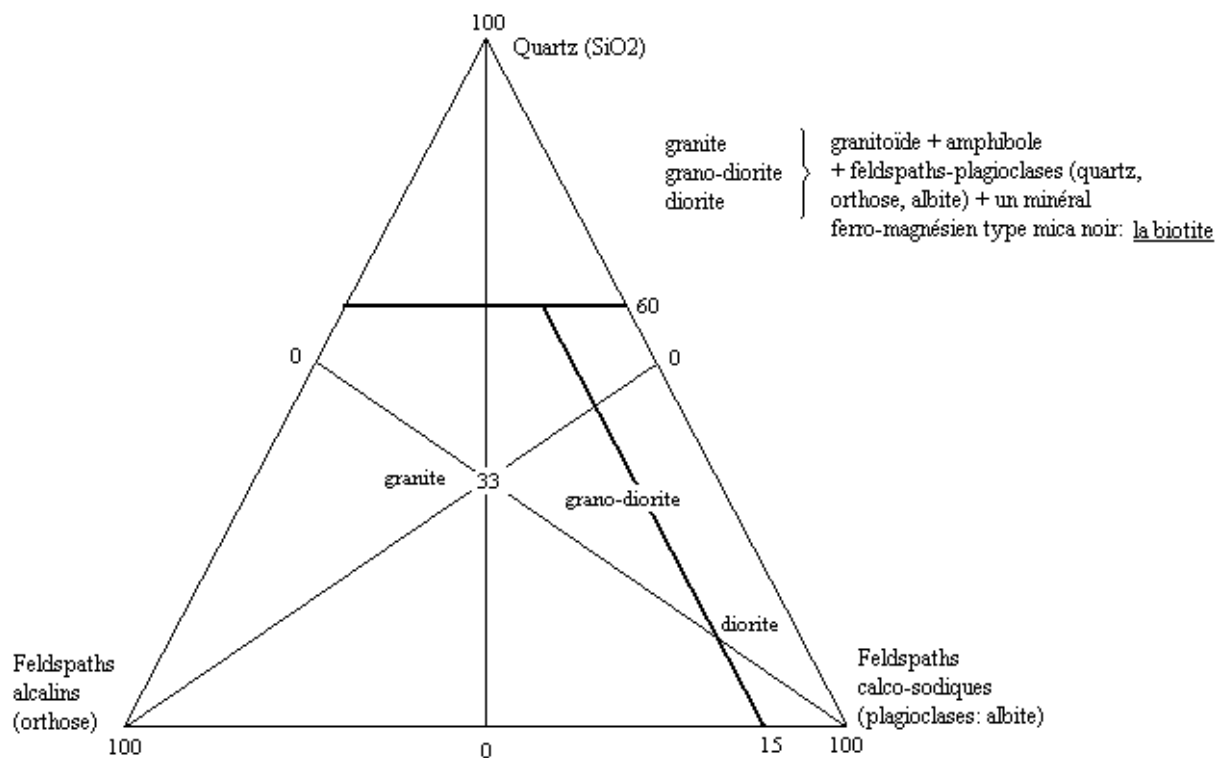
## II. LE PLUTONISME

C'est un magmatisme acide donc plus visqueux et plus lent à remonter ; il donne des roches grenues : les granitoïdes.

### 1. Caractéristiques des granitoïdes

#### a. Caractérisation minéralogique

Les granites sont homogènes ; on y trouve 3 minéraux principaux et un accessoire :



## b. Texture

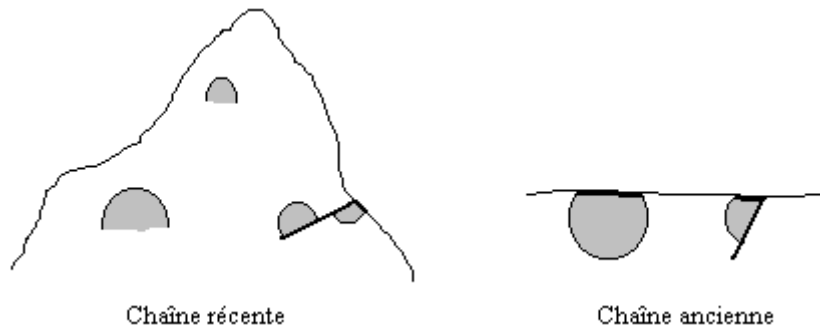
Toutes les roches plutoniques sont grenues (cristaux), il existe cependant plusieurs textures :

- classique  $\Rightarrow$  cristaux entre 0,5 et 1mm
- aplitique  $\Rightarrow$  cristaux d'environ 0,2mm
- pegmatitique  $\Rightarrow$  cristaux de 1mm à 1 cm

Il y a la texture porphyroïde où tous les cristaux ont la même taille mais au moins un est dix fois plus grand que les autres. On a donc des combinaisons de textures : classique porphyroïde...

## 2. Formes des granites sur le terrain. Types d'affleurements des granitoïdes

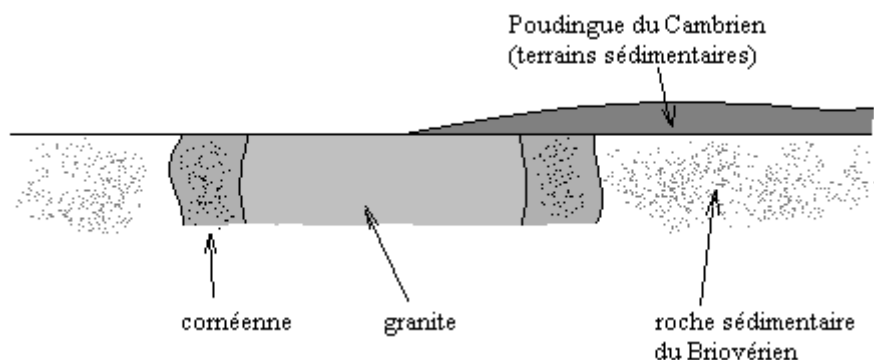
On les trouve toujours dans les chaînes de montagnes, un peu plus dans les anciennes et beaucoup moins dans les récentes.



Ils sont toujours associés à des roches métamorphiques qui sont en massifs circonscrits ou en massifs en bandes (avec des contours diffus).

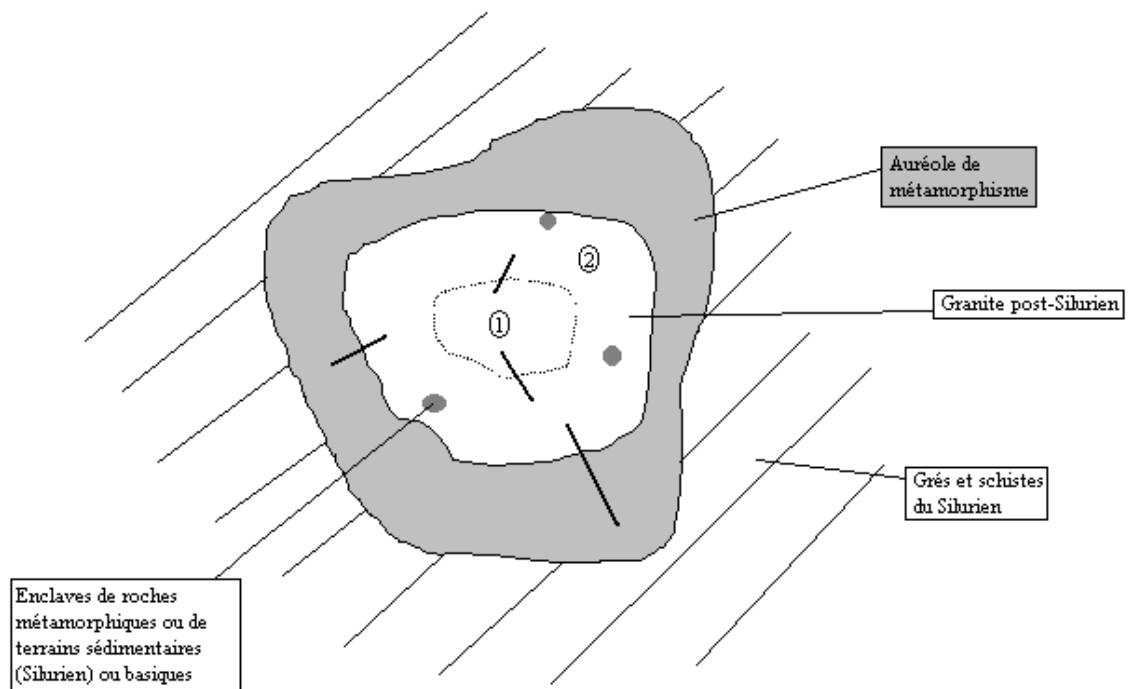
### a. Les massifs circonscrits

Exemple du granite d'Athis au sud de Caen : on peut constater que le granite est post briovérien et ante-cambrien.



Les roches métamorphiques forment une petite bande autour du granite. L'affleurement de la cornéenne est faible.

Le granite de Flamanville au sud de Cherbourg :

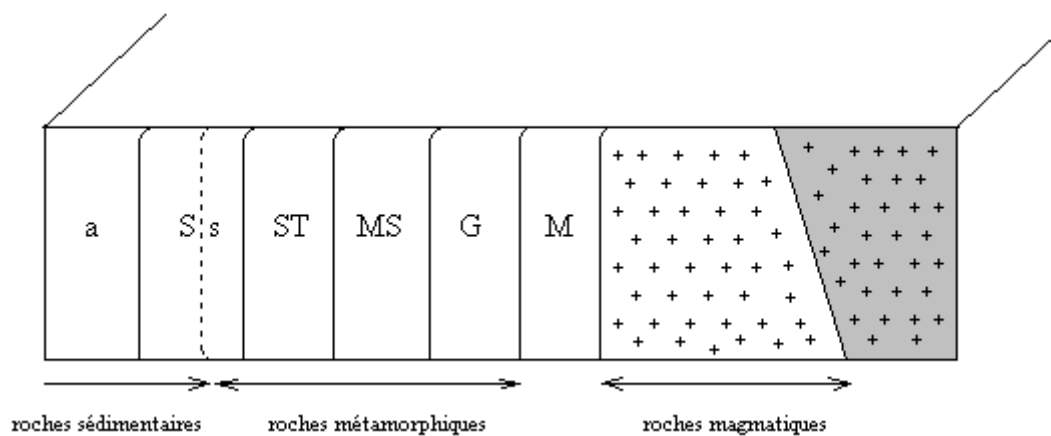


- ① granitoïdes clairs avec de gros cristaux de feldspath, c'est du granite à texture équante.  
 ② plus foncé : grano-diorite à texture planaire.

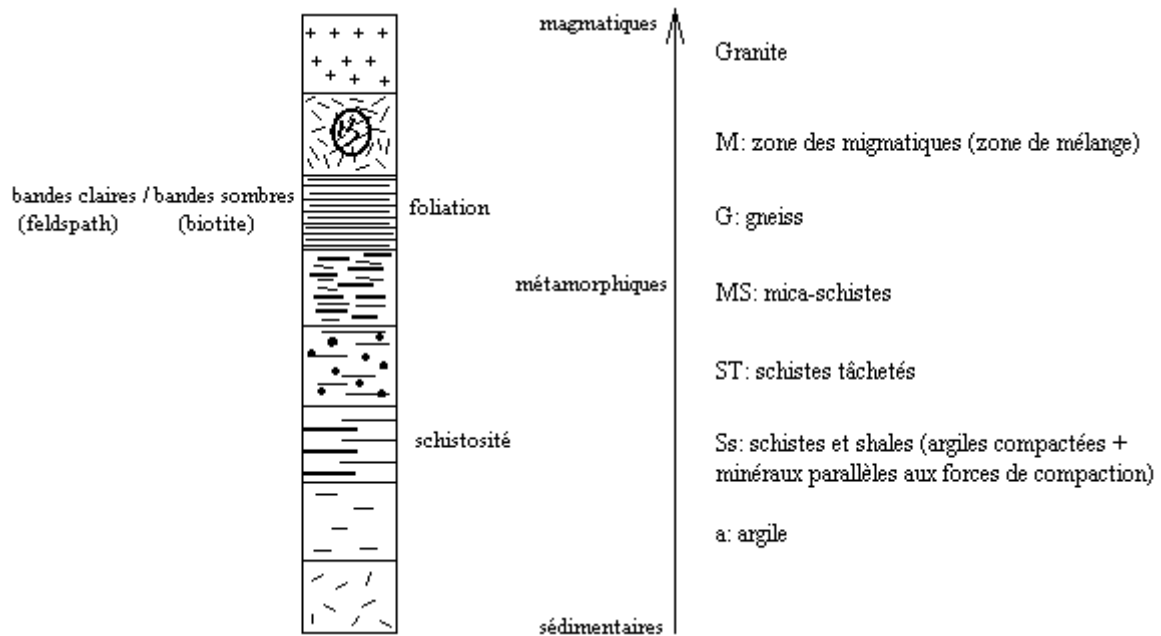
— Disposition à géométrie radiaire des filons magmatiques acides ou basiques, ce sont en fait des cassures faites dans le granite quand il a refroidi, ce sont des filons non grenus (microlithiques)  $\Rightarrow$  existence de rhyolite.

### b. Les massifs en bande

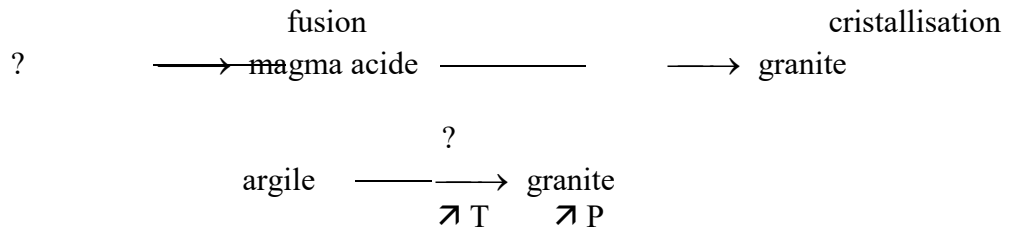
Le granite de Ste Anne d'Auray







### 3. Les travaux de laboratoire

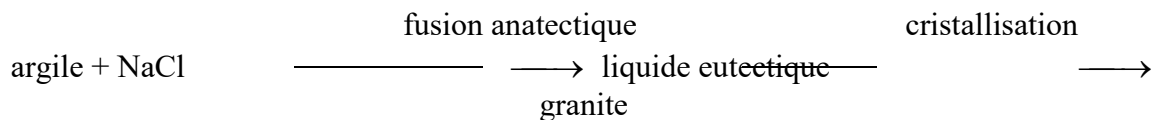


#### a. Expérience de Winckler (1957)

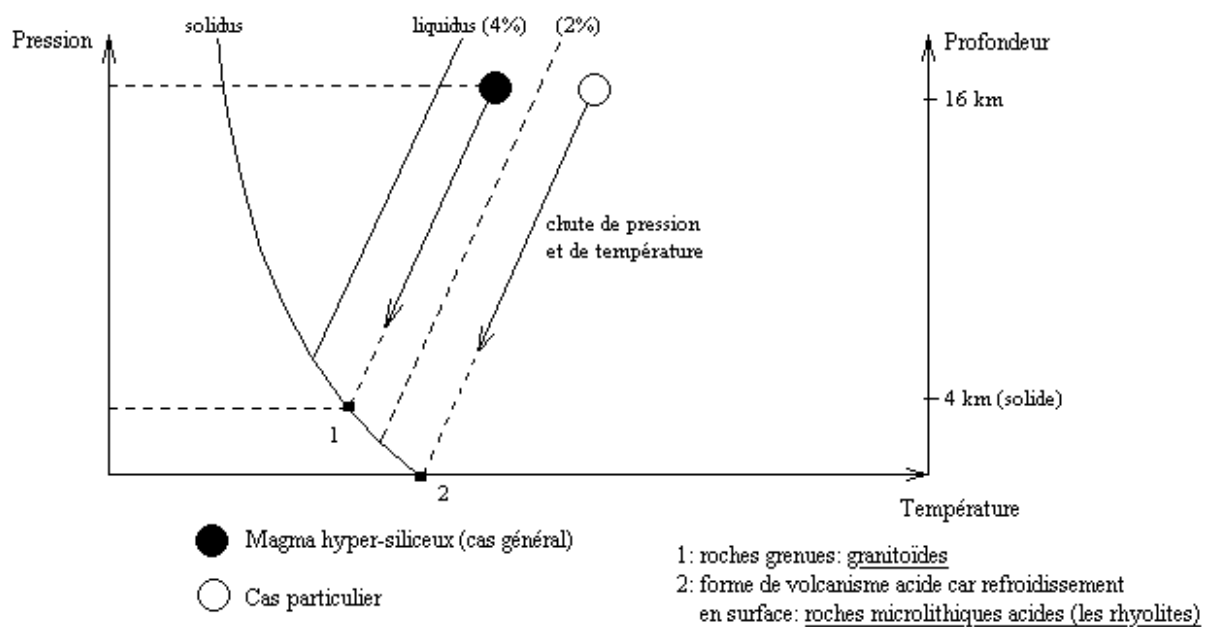
Il prend une argile et la soumet à des augmentations de pression et de température. Ainsi, à 2 000 atm, il soumet du mica à 600°C et rien ne se passe. Il la met ensuite à 700-800°C, l'argile fond et donne un liquide qui sera toujours de même composition quelque soit l'argile, puis ça cristallise et il n'y a pas de granite.

#### b. Expérience Wyart et Sabatier (1959)

A l'argile, ils ajoutent du NaCl qu'ils soumettent à 680°C, ils ont le même liquide quelque soit l'argile de départ mais la cristallisation donne du granite. Ils appellent ce liquide le liquide eutectique (33% orthose, 33% albite, 33% quartz). Le phénomène de fusion aboutissant au liquide eutectique est la fusion anatectique.



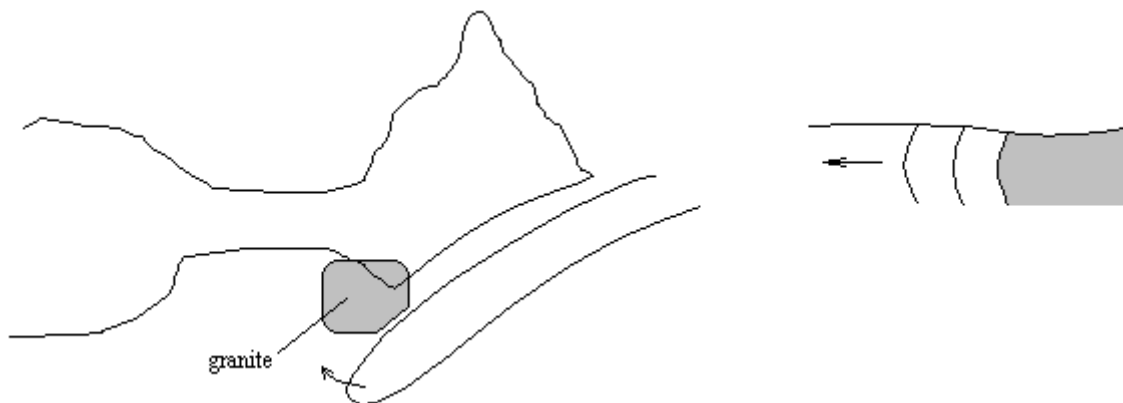
### 4. Cristallisation des magmas hyper siliceux



### 5. Le devenir de ces magmas hyper siliceux

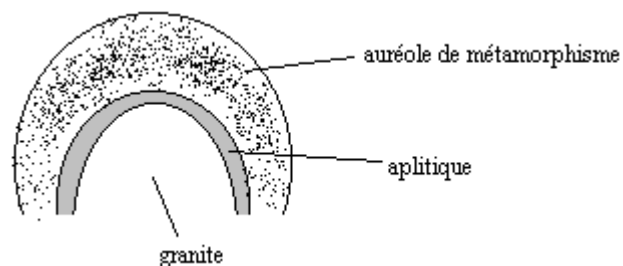
La plupart des magmas hyper siliceux provient d'une fusion anatectique des roches sédimentaires, surtout argileuses, quand la croûte terrestre (océanique ou continentale) est portée à des températures et pressions correspondant à des profondeurs de 12 km.

Si le liquide eutectique (ou magma anatectique) reste sur place par cristallisation de ce liquide, on obtient un granite à contours diffus (dans les massifs de granite en bande).



Ce bloc granitique restera en place si sa teneur en eau est importante ; s'il y a moins d'eau, il remontera. Nous en avons l'exemple avec les massifs de granite de Flamanville.

Ainsi le pluton se solidifiera progressivement au contact de matières froides (voir ci-dessous).



Il deviendra très froid et donc se fracturera mécaniquement de manière rayonnante ; tout ce qui n'avait pas cristallisé passe dans ces fractures et refroidit sous forme de filons microgrenus.

Le quartz cristallisant le dernier prend la place qu'il lui reste et formes des cristaux xénomorphes (dans les granitoïdes).

Dans les rhyolites, le quartz ayant de la place, il sera automorphes (il aura sa forme propre).